

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2000-048998**

(43)Date of publication of application : **18.02.2000**

(51)Int.Cl.

**H05H 1/46**

**B01J 19/08**

**H01L 21/31**

(21)Application number : **10-217436**

(71)Applicant : **SAKUMICHI KUNIYUKI**

**KOKUSAI ELECTRIC CO LTD**

(22)Date of filing : **31.07.1998**

(72)Inventor : **SAKUMICHI KUNIYUKI**

**HAYASHI KEIJI**

**OZAWA MAKOTO**

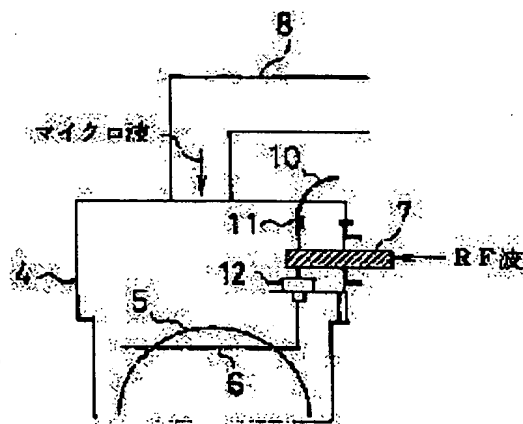
**YASHIMA SHINJI**

## (54) PLASMA GENERATOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To relatively easily provide a uniform plasma having high density and a large diameter under low gas pressure.

**SOLUTION:** Dome-shaped quartz 5 is provided in a lower part of a superposing part 4 for superposing a microwave and a high-frequency wave to generate a plasma. A lower side of the quartz 5 is made to form a low gas-pressure atmosphere. A loop-shaped inductive coupling antenna 6 is arranged in an upper outer periphery of the quartz 5, 13.56 MHz of microwave is supplied to the antenna 6 from a parallel twin-lead 7, and inductive coupling plasma is generated by an induction field in the vicinity of the antenna 6. 2.45 GHz of microwave is



introduced from a waveguide 8 to the plasma, and the microwave is ignited using electrons or ions in the plasma as seeds to generate microwave plasma. A plasma density is unified by introducing a microwave of a short wave length.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-48998

(P2000-48998A)

(43)公開日 平成12年2月18日(2000.2.18)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テ-コ-ト* (参考)
H 0 5 H 1/46		H 0 5 H 1/46	L 4 G 0 7 5
B 0 1 J 19/08		B 0 1 J 19/08	B 5 F 0 4 5
H 0 1 L 21/31		H 0 1 L 21/31	E
			C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平10-217436

(22)出願日 平成10年7月31日(1998.7.31)

(71)出願人 598102812

作道 訓之

石川県金沢市泉本町5丁目40番地1 ロイ  
ヤルシャトー泉本町1011

(71)出願人 000001122

国際電気株式会社

東京都中野区東中野三丁目14番20号

(72)発明者 作道 訓之

石川県金沢市泉本町5丁目40番地1 ロイ  
ヤルシャトー泉本町1011

(74)代理人 100090136

弁理士 油井 透 (外2名)

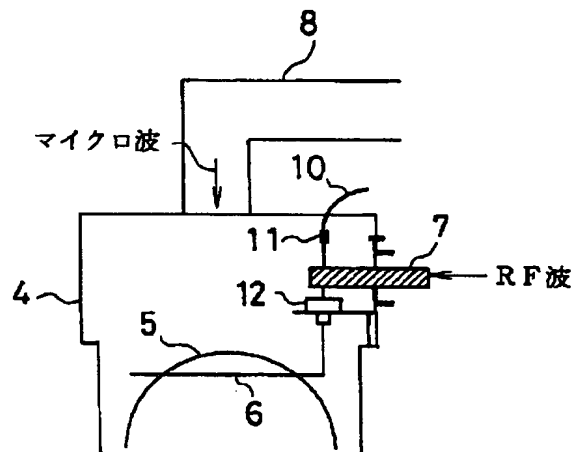
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ発生装置

(57)【要約】

【課題】 低ガス圧力下で高密度かつ大口径・均一のプラズマが比較的簡易に得られる。

【解決手段】 マイクロ波と高周波とを重畳してプラズマを発生させる重畳部4の下部に、ドーム型石英5を設ける。ドーム型石英5の下方は低圧ガス雰囲気となっている。ドーム型石英5の上部外周部にループ状の誘導結合アンテナ6を配置し、誘導結合アンテナ6に平行二線7から13.56MHzの高周波を供給し、アンテナ6近傍の誘導電界により、誘導結合プラズマを発生する。この誘導結合プラズマに対して、2.45GHzのマイクロ波を導波管8より導入し、誘導結合プラズマ中の電子又はイオンを種としてマイクロ波を点火し、マイクロ波プラズマを発生する。更に、短波長のマイクロ波の導入により、プラズマ密度の均一性を図る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 低圧ガス雰囲気中に誘導結合型プラズマ源により発生させた誘導結合プラズマに対して、マイクロ波発生手段によりマイクロ波を導入するように構成したことを特徴とするプラズマ発生装置。

【請求項2】 前記誘導結合型プラズマ源の誘導結合アンテナ近傍に、前記マイクロ波発生手段のマイクロ波アンテナを配置したことを特徴とする請求項1記載のプラズマ発生装置。

【請求項3】 前記誘導結合型プラズマ源の誘導結合アンテナ近傍に、前記マイクロ波発生手段のマイクロ波導波管を介してマイクロ波を導入するようにしたことを特徴とする請求項1記載のプラズマ発生装置。

【請求項4】 前記マイクロ波導波管として同軸導波管を用い、この同軸導波管を前記誘導結合型プラズマ源の電磁波線路の途中に結合させたことを特徴とする請求項3記載のプラズマ発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、プラズマ発生装置に係り、特に、低ガス圧力下で高密度かつ大口径のプラズマが得られる、半導体素子の製造プロセスに好適なプラズマ発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子の製造においては、プラズマを使ったプロセスが多くある。例えば、微細加工のためのプラズマエッチング、配線用の金属膜や絶縁用の誘電体膜などを成膜するためのプラズマデポジションなどである。このような目的のプラズマ源に対する要求は、半導体素子の進化とともに変わってきており、次世代の素子に対しては低ガス圧で高密度かつ大口径（大面積）のプラズマが要求されている。

【0003】 即ち、特に、多層配線用の層間絶縁膜としては、金属配線により凹凸のある表面上に成膜しながら、完成した膜の上面は平坦化されていることが必要になる。つまり、成膜と同時に凸の部分だけがエッチングされることが要求される。このためには、低ガス圧下で高密度のプラズマを発生することが必要である。

【0004】 また、半導体素子をつくるためのシリコン基板の大きさは、生産性の向上のため8インチから12インチへと変わりつつあり、将来はもっと大きくなると考えられている。つまり、平坦化しながら成膜できる特性を維持しながら、大きい面積内に均一なプラズマを発生できるプラズマ源が必要になると考えられる。

【0005】 低ガス圧下で高密度のプラズマを発生することができるプラズマ源（プラズマ発生装置）としては、2.45GHzのマイクロ波を使った有磁場マイクロ波プラズマ源（ECRプラズマ源）、および13.56MHzの高周波を使ったヘリコン波プラズマ源や誘導結合型プラズマ源が知られている。

【0006】 図6には、これらプラズマ源を用いてウェーハ等の基板に成膜、エッチングなどの処理を施す基板処理装置を示す。図6において、21は真空容器であり、真空容器21内にはプロセスガスが導入され低圧ガスの雰囲気となっており、真空容器21底部の電極22上にはウェーハ23が載置されている。

【0007】 図6（1）は誘導結合型プラズマ源を用いた例であって、真空容器21の上壁にスパイラル状の誘導結合アンテナ（誘導コイル）24を設置し、RF電源25から誘導コイル24に13.56MHzの高周波を供給して、誘起された誘導電界により真空容器21内に誘導結合プラズマを発生させる。また、図6（2）は有磁場マイクロ波プラズマ源を用いた例であり、真空容器21上壁に結合された導波管26により真空容器21内に2.45GHzのマイクロ波を導入すると共に、導波管26外周部の磁場コイル27により磁場を印加して、ECR（電子サイクロトロン共鳴）の条件を満足する875ガウスの共鳴磁場の領域でECRプラズマを発生させる。更に、図6（3）はヘリコン波プラズマ源を用いた例であって、真空容器21の上方の石英管などにアンテナ28を巻き、RF電源25から13.56MHzの高周波電流を流すと共に、アンテナ28の外周部の磁場コイル29により磁場を印加し、ヘリコン波によりプラズマを発生させる。なお、30はウェーハ23に対するイオンの衝突速度を制御するためのバイアス電源であり、また31は永久磁石である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記プラズマ源（プラズマ発生装置）は、プラズマを大口径化するには問題がある。たとえば、有磁場マイクロ波プラズマ源やヘリコン波プラズマ源においては、プラズマ発生部が空芯コイル（磁場コイル）27、29の中にあるため、プラズマの大口径化を図るには空芯コイルの口径を大きくする必要があるが、そうするとコイルが巨大化し、装置が非常に大型なものになってしまう。プラズマの大口径化のためには空芯コイルを使わないタイプのプラズマ発生方法が望まれるが、マイクロ波で無磁場のプラズマを発生させるにはガス圧力や電界強度などかなり限定された条件下でないと難しい。

【0009】 また、誘導結合型プラズマ源においては、大口径化するために誘導結合アンテナに種々の工夫がなされており、単純にプラズマを大口径化することは簡単であるが、プラズマ密度分布が不均一となり、大口径で且つ均一なプラズマを発生するのは困難であった。

【0010】 本発明は、上記背景のもとになされたもので、低ガス圧力下で高密度かつ大口径・均一のプラズマが比較的簡易に得られるプラズマ発生装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するた

めに、本発明のプラズマ発生装置は、低圧ガス雰囲気中に誘導結合型プラズマ源により発生させた誘導結合プラズマに対して、マイクロ波発生手段によりマイクロ波を導入するように構成したことを特徴とする。

【0012】誘導結合型プラズマ源としては、例えば、1MHzから100MHzの範囲にある単一または複数の周波数の電磁波を使ったものを用い、また、マイクロ波発生手段としては、例えば、1GHzから50GHzの範囲にある単一または複数の周波数のマイクロ波（電力）を導入可能なものを用いる。

【0013】誘導結合型プラズマ源だけでプラズマを発生させた場合、誘導結合型プラズマ源に供給される電力をどんなに増大させても、ある一定レベル以上には誘導結合プラズマの密度は上昇せず、プラズマ密度分布も不均一の状態のままとなる。ところが、この誘導結合プラズマにマイクロ波を導入すると、プラズマ密度を上昇できると共に、プラズマ密度の均一化も図れる。

【0014】磁界がない場所または磁界強度が低い場所では、マイクロ波によるプラズマ発生は難しいが、イオンまたは電子などの荷電粒子が存在すれば、これが種となって点火することが可能である。この種となるイオンまたは電子は誘導結合プラズマから供給され、比較的簡単にプラズマの点火がおこり、マイクロ波プラズマが発生する。

【0015】また、誘導結合型プラズマ源の誘導結合アンテナ近傍では、アンテナを流れる電流  $I$  [A] に比例して次式で与えられる磁束密度  $B$  [T] の磁界が発生している。

$$B = \mu_0 I / (2 \pi a) \quad (1)$$

ここで、 $\mu_0$  は真空の透磁率で、 $a$  [m] はアンテナ線の中心からの距離である。つまり、アンテナの極く近傍ではマイクロ波プラズマの発生と維持をたすける数100ガウスの磁界が発生していると考えて良い。この磁界は勿論交流磁界であるが、200倍の周波数のマイクロ波から見ると、直流磁界とみなせるので、この磁界とマイクロ波とによりサイクロトロン共鳴に近い状態が実現され、これだけでもマイクロ波によるプラズマ発生が容易におこなわれる。

【0016】更に、マイクロ波は周波数が高いので、高密度のプラズマ中にもよく浸透し、プラズマ中の電子又はイオンにマイクロ波のエネルギーが吸収される。殊に、マイクロ波の波長が誘導結合型プラズマ源で使用する高周波の波長よりもずっと短いので（例えば、2.45GHzのマイクロ波の自由空間での波長は12cm程度であるが、13.56MHzの高周波では約200倍の波長である）、マイクロ波と高周波とを重畳すれば、単独のプラズマ発生手段ではだせなかったプラズマの均一性が達成できる。このように、2種類のプラズマ発生手段を併用することにより、高密度で大口径かつ均一なプラズマを発生させることが可能となる。

【0017】上記発明において、マイクロ波の導入の仕方としては、誘導結合型プラズマ源の誘導結合アンテナ近傍に、マイクロ波発生手段のマイクロ波アンテナを配置する構成があり、この構成では、マイクロ波アンテナから直接的にマイクロ波を導入しているので、装置構成が簡単となる。また、誘導結合型プラズマ源の誘導結合アンテナ近傍に、マイクロ波発生手段のマイクロ波導波管を介してマイクロ波を導入するようにしてもよい。更に、マイクロ波導波管として同軸導波管を用い、この同軸導波管を誘導結合型プラズマ源の電磁波線路の途中に結合させて、誘導結合アンテナからマイクロ波と高周波とを一緒に導入するようにしてもよい。

【0018】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1はプラズマ発生装置の第1の実施形態を示すもので、マイクロ波とRF波との重畳部を示す概略構成図であり、図2は図1のプラズマ発生装置を用いた基板処理装置を示す外観図である。

【0019】図2において、1は真空容器であり、真空容器1にはガス導入口（図示せず）からプロセスガスが導入され、真空容器1内は低圧ガスの雰囲気（処理室）となっている。真空容器1底部には電極2が設けられ、電極2上には、成膜、エッチングなどの処理がなされるウェーハ等の基板3が設置されている。真空容器1の上方には、マイクロ波とRF波（高周波）とを重畳して、プラズマを発生させる重畳部（放電室）4が設けられている。

【0020】重畳部4の下部には、図1又は図2に示すように、ドーム型石英5が設置されている。ドーム型石英5は真空容器1上部に気密に取り付けられており、ドーム型石英5の下方は真空容器1内と同じ低圧ガス雰囲気にあり、ドーム型石英5の上方の重畳部4は大気圧となっている。ドーム型石英5の上部外周には、ループ状の誘導結合アンテナ6が配設されており、誘導結合アンテナ6には、RF電源（図示せず）から高周波を供給するための電磁波線路としての平行二線7が接続されている。また、重畳部4の上壁には導波管8が連結されており、マグネトロン9から発振されたマイクロ波が導波管8を伝搬して、重畳部4の誘導結合アンテナ6側へと導入されるようになっている。

【0021】誘導結合アンテナ6は銅製のパイプであり、誘導結合アンテナ6には冷却水給排用のビニール製のパイプ10が接続されている。なお、11はパイプ10と誘導結合アンテナ6との接続部であり、12は誘導結合アンテナ6を支持する絶縁物からなる支持体である。

【0022】誘導結合アンテナ6に平行二線7から13.56MHzの高周波を供給すると、ループ状のアンテナ6を通り抜ける磁束の時間変動によって誘導電界が発生し、この誘導電界によりドーム型石英5内の電子又

はイオンが加速されて、誘導結合プラズマが発生し放電が維持される。この誘導結合プラズマに対して、マグネトロン9で発振された2.45GHzのマイクロ波が導波管8を通して導入される。導入されたマイクロ波は、誘導結合プラズマ中の電子又はイオンが種となって容易に点火が起こり、マイクロ波プラズマが発生する。

【0023】更に、13.56MHzの高周波と比べて、2.45GHzのマイクロ波の波長は12cm程度と極めて短く、しかも高密度のプラズマ中にもよく浸透して（マイクロ波は金属製の重畳部4の壁面で反射されて伝搬して重畳部4内にマイクロ波が充満した状態となっている。）、プラズマ中の電子又はイオンにマイクロ波のエネルギーが吸収され、プラズマ密度の均一性が向上する。

【0024】また、誘導結合アンテナ6近傍では、アンテナ6を流れる電流I[A]に比例して次式で与えられる磁束密度B[T]の誘導磁界が発生する。

$$B = \mu_0 I / (2\pi a) \quad (1)$$

ここで、 $\mu_0$ は真空の透磁率で、a[m]は誘導結合アンテナ6の線の中心からの距離である。従って、誘導結合アンテナ6の極く近傍では、数100ガウスの磁界が発生しており（この磁界は交流磁界ではあるが、200倍の周波数のマイクロ波から見ると、直流磁界とみなせる）、この磁界とマイクロ波とにより電子サイクロトロン共鳴に近い状態が実現され、マイクロ波によるプラズマ発生、維持が更に容易になる。誘導磁界が、例えば100ガウスとなるのは、電流Iの数値（アンペア単位）が約 $5 \times 10^4 \cdot a$ （aはメートル単位）のときである。従って、a=1mmではIが約50Aのとき、あるいはa=5mmではIが約250Aのとき、100ガウスの磁界が発生する。

【0025】このように、高周波とマイクロ波とを重畳してプラズマを発生させることにより、高密度で大口径かつ均一なプラズマを発生させることができる。真空容器（処理室）1内の低圧のプロセスガス（1種又は数種の化合物ガス、単体ガス）は、プラズマにより励起され、電極2上の基板3に薄膜形成、あるいはエッチングがなされる。

【0026】図3～図5は、本発明のプラズマ発生装置の第2～第4の実施形態をそれぞれ示すもので、マイクロ波とRF波との重畳部を示す概略構成図である。以下には、上記第1の実施形態との相違点を主に説明する。

【0027】図3では、導波管を用いずに、重畳部4の上壁にマグネトロン9を取り付け、マグネトロン9のマイクロ波アンテナ13から直接的に誘導結合アンテナ6により生成された誘導プラズマにマイクロ波を導入している。図1のように導波管8を用いずに、直接にマグネトロン9からマイクロ波を導入するようにしているので、装置構成を簡素化できる。

【0028】図4では、マグネトロン9のマイクロ波ア

ンテナ13から発振されたマイクロ波を導波管14で導き、導波管14の重畳部4への導入部に設けられたマイクロ波アンテナ15によって（導波管14とマイクロ波アンテナ15とによって同軸導波管が構成されている。）、マイクロ波の導波モードを変換して重畳部4の誘導結合プラズマに導入している。

【0029】図5では、誘導結合アンテナ6に接続された平行二線7に、マイクロ波の同軸導波管16を結合させている。この実施形態では、同じ平行二線7を高周波とマイクロ波とが伝搬して誘導結合アンテナ6から放射されることになり、上記実施形態とは、マイクロ波の投入の仕方及び導波モードが異なる。

【0030】なお、上記実施形態では、ループ状の誘導結合アンテナ6をドーム型石英5の外周部に設置したが、低圧ガス雰囲気にあるドーム型石英5の内部に誘導結合アンテナ6を設けるようにしてもよい。また、ループ状の誘導結合アンテナではなく、図6(1)に示すようなスパイラル状の誘導結合アンテナを真空容器等に設けて、このスパイラル状の誘導結合アンテナによって発生した誘導結合プラズマに対して、マイクロ波発生手段によりマイクロ波を導入するようにしてもよい。あるいは、円筒石英管や真空容器の外周にヘリカル状に誘導結合アンテナを巻き付けて誘導結合プラズマを発生させ、この誘導結合プラズマにマイクロ波を導入するように構成してもよい。

【0031】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、誘導結合型プラズマ源により発生させた誘導結合プラズマに対して、マイクロ波発生手段によりマイクロ波を導入するように構成したので、誘導結合プラズマのイオン又は電子を種として、マイクロ波は容易に点火し、マイクロ波プラズマが発生してプラズマ密度が増大する。更に、短波長のマイクロ波を導入することにより、プラズマ密度の均一性が向上する。このように、高密度で大口径かつ均一なプラズマを発生させることができるので、本発明のプラズマ発生装置を、CVD装置やエッチング装置などの半導体製造装置（基板処理装置）に適用すれば、大口径のウェーハ等の基板に対し均一な処理を行うことができる。

【0032】また、有磁場マイクロ波プラズマ源やヘリコン波プラズマ源のように空芯コイルを用いていないので、装置の大型化を招くことなく、比較的簡便な装置構成で、大口径かつ均一なプラズマを生成でき、実用性が高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ発生装置の第1の実施形態を示すもので、マイクロ波とRF波との重畳部を示す概略構成図である。

【図2】図1のプラズマ発生装置を用いた、ウェーハ等の基板に成膜、エッチングなどの処理を施す基板処理装

置を示す外観図である。

【図3】本発明に係るプラズマ発生装置の第2の実施形態を示すもので、マイクロ波とRF波との重畳部を示す概略構成図である。

【図4】本発明に係るプラズマ発生装置の第3の実施形態を示すもので、マイクロ波とRF波との重畳部を示す概略構成図である。

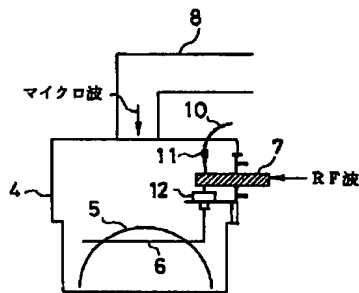
【図5】本発明に係るプラズマ発生装置の第4の実施形態を示すもので、マイクロ波とRF波との重畳部を示す概略構成図である。

【図6】従来のプラズマ発生装置を用いた基板処理装置を示す概略構成図である。

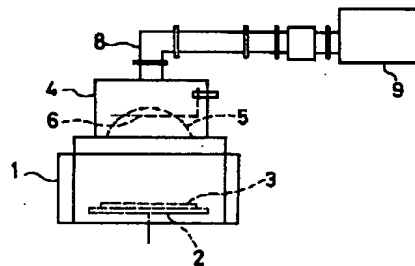
【符号の説明】

- \* 1 真空容器
- 2 電極
- 3 基板
- 4 重畳部
- 5 ドーム型石英
- 6 誘導結合アンテナ
- 7 平行二線
- 8 導波管
- 9 マグネトロン
- 10 13 マイクロ波アンテナ
- 14 導波管
- 15 マイクロ波アンテナ
- \* 16 同軸導波管

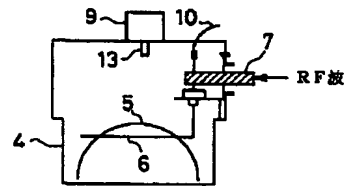
【図1】



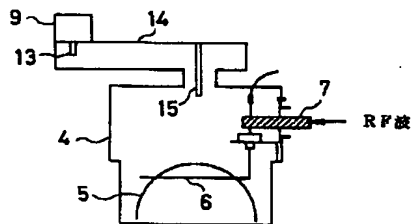
【図2】



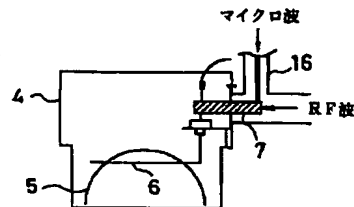
【図3】



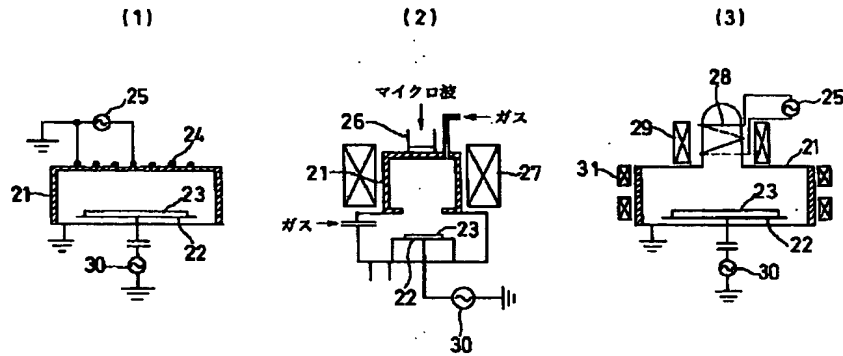
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 林 啓治  
石川県金沢市光が丘2丁目128番地  
(72)発明者 小沢 誠  
東京都中野区東中野三丁目14番20号 国際  
電気株式会社内

(72)発明者 八島 伸二  
東京都中野区東中野三丁目14番20号 国際  
電気株式会社内  
Fターム(参考) 4G075 AA24 BC06 BC10 CA03 CA25  
CA26 CA47 EB31 FB02 FB06  
5F045 AA09 EB02 EE06 EH02 EH11  
EH18 EH19